

ВТОРИЧНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ЮЖНОГО УРАЛА

Аннотация. Рассматривается возможность использования вторичных минеральных ресурсов и мировой опыт переработки техногенных образований с целью получения ценных компонентов, приведена характеристика горнорудных отходов Южного Урала.

Ключевые слова: промышленные отходы, горное производство, хвосты флотации, переработка, пиритный концентрат, золото.

Решение важнейшей народно-хозяйственной задачи — снижения энерго- и материалоемкости единицы ВВП России — неразрывно связано с прогрессом в использовании отходов производства. В связи с этим в Перечне поручений Правительства РФ Пр-1640 есть пункт, в котором указано: «... представить предложения по подготовке долгосрочных целевых инвестиционных программ обращения с твердыми бытовыми и промышленными отходами, по реализации пилотных проектов переработки отходов в субъектах Российской Федерации, где проблема утилизации отходов стоит наиболее остро...»

По оценкам специалистов, в России накопилось более 80 млрд т отходов, при этом ежегодно образуется еще около 2,7 млрд т промышленных и 40 млн т твердых бытовых отходов (ТБО). Более 90% промышленных отходов составляют хвосты добычи и обогащения полезных ископаемых. Острота проблемы усугубляется тем, что быстрыми темпами сокращаются запасы невозобновляемых природных ресурсов. Между тем отходы производства и потребления являются одним из источников экономии первичного сырья и материалов.

Средний уровень использования промышленных отходов составляет в России примерно 36%, а ТБО — лишь около 3,5%. В то же время уровень использования важнейших видов отходов в экономически развитых странах составляет 60–90%.

Горнопромышленный комплекс Южного Урала является одним из ключевых узлов горного производства РФ и включает черную и цветную металлургию, горно-химическую и угольную промышленность. В результате многолетней деятельности предприятий названного комплекса сформированы отвалы вскрыши месторождений и забалансовых руд (более 1,6 млрд т), металлургических шлаков

(4 млн т), хвостов обогащения руд флотационных фабрик (более 100 млн т), отходов переработки горно-химического сырья (более 10 млн т), шламов углеобогащения и энергетических золошлаков (более 3 млн т), которые содержат 700 тыс. т меди, 1,5 млн т цинка, около 100 т золота, более 1900 т серебра, 2,5 млн т железа [Зайнуллин и др., 2005] и значительное количество других металлов, а также нерудного сырья (табл.).

Рост потребностей экономики в минеральном сырье, снижение содержания полезных компонентов в добываемых рудах, переход на разработку относительно бедных месторождений ведут к увеличению ежегодных объемов отходов горных работ и обогащения. Их размещение и хранение оказывает негативное экологическое воздействие на окружающую среду, нарушает естественные ландшафты, исключает из оборота значительные площади сельскохозяйственных земельных угодий.

В последние годы разработаны и внедряются в промышленность новые технологические процессы, такие как гидрохимическое, автоклавное и бактериальное вскрытие золотосодержащих сульфидных руд и концентратов; безцианидные способы гидрометаллургического извлечения цветных и драгоценных металлов; оригинальные и эффективные способы очистки промышленных и сточных вод и газов от токсичных компонентов. Создан ряд конструкций нового технологического оборудования, предназначенного для извлечения металлов из упорного сырья. Значительно усовершенствованы и традиционные способы металлургической переработки (окислительный обжиг, различные варианты плавки и др.). Утилизация металлосодержащих отходов с применением высокоэффективных гидрометаллургических методов получения металла широко развита во многих странах. В США из ранее складированных окисленных и забалансовых руд

Таблица

Состав внешних отвалов и хвостов флотации основных месторождений района исследований [Абдрахманов, 2005; Зайнуллин и др., 2005]

Параметры	Сибай	Бурибай	Учалы
Характеристика отвалов			
Состав	Породы основного состава — 60%, породы кислого состава — 40%	Дресвяно-песчано-глинистый материал — 45–50%, эффузивы и их измененные разности — 20–30%, вкрапленные и сплошные сульфидные руды — 15–20%	Породы основного состава — 50%, 15% — кислые породы, 20% — метасоматиты и убогие руды, 15% — глинистые породы
Объемы, млн т	517	4,9	280
Cu, %	0,1	0,7	0,05
Zn, %	0,4	0,12	0,12
Запасы (тыс. т): Cu	170	> 24	254
Zn	680	> 4	565
Характеристика хвостов флотации			
Минеральный состав	Пирит — 69,8%, сфалерит — 0,72%, халькопирит — 0,55%, нерудные минералы — 28,9%	Пирит — 57%, халькопирит — 0,9%, нерудные минералы — 41%, вторичные сульфиды и оксиды — 0,9%,	Пирит — 57%, сфалерит — 1,1%, халькопирит — 0,8%, оксиды железа — 2%, вторичные сульфиды — 0,2%, нерудные минералы — 38,9%
Объем, млн т	27,66	6,9	40,8
Cu, %	0,20	0,47	0,30
Zn, %	0,5	0,23	0,61
Cd, %	0,02	0,0045	0,003
Запасы (т): Cu	56072,5	32394	120396
Zn	135348,8	15632,9	247389
Cd	2435,5	17,9	1163,73

производят меди ежегодно 200–300 тыс. т, в Замбии — 120–180 тыс. т. С использованием различных видов выщелачивания и биохимического извлечения в США предполагается получать в ближайшем будущем до 500 тыс. т меди ежегодно. Всего же переработка руд и хвостов обогащения по новым технологиям осуществляется в настоящее время более чем на 60 предприятиях США, Замбии, Австралии, Чили, Испании, Португалии, Зимбабве и Мексики, производящих таким образом более 650 тыс. т меди в год [Лазарев, 1992]. Переработка отвалов и хвостов предыдущего горного производства позволила крупной медепроизводящей компании «Фелпс Додж» (США) снизить издержки производства 1 т меди на 25%. На предприятии Голд Флокс в ЮАР эффективно перерабатывают лежалые пиритсодержащие хвосты цианирования с содержанием золота 0,2–0,65 г/т. Там же успешно функционирует горнодобывающий комплекс Эрго, утилизирующий более 20 млн т шламов в год с содержанием золота 0,31–0,47 г/т. На фабрике «Пачука» (Мексика) рентабельно перерабатывают отвальные хвосты, содержащие 0,16г/т золота, 0,1% свинца, 0,28% цинка.

Новые технологии переработки техногенных ресурсов освоены и в Уральском регионе России. Лидерами рентабельной крупномасштабной переработки отходов являются ОАО «Высокогорский горно-обоганительный комбинат» (хвосты обогащения железных руд), АО «Нижнетагильский металлургический комбинат», АО «Северский трубный завод», АО «Каменск-Уральский металлургический завод», Серовский металлургический и Серовский ферросплавный заводы (шлаки), АО «Святогор» (пыли газоочисток), АО «Среднеуральский металлургический завод» (медеплавильные шлаки). Особого внимания заслуживает опыт АО «Нижнетагильский металлургический комбинат», на котором уже действует крупный комплекс по переработке отвальных шлаков мощностью 3,1 млн т в год. Начата промышленная переработка пирротиновых концентратов, долгие годы складированных в хвостохранилищах Норильского ГОКа. Из них извлекаются цветные металлы и платиноиды. Практика отечественных предприятий на базе безотходных технологий показала возможность полного использования металлургических шлаков, фосфогипсов, золошлаков для получения силикатного кирпича,

легких бетонов, шлаковаты, минеральных волокон, цемента [Данилов и др., 2000].

На Южном Урале наиболее перспективными для утилизации с извлечением ценных компонентов являются отходы предприятий цветной металлургии (ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат», ОАО «Башкирский медно-серный комбинат», ЗАО «Бурибаевский горно-обогатительный комбинат») (рис.), например, хвосты флотации и цианирования руд, содержащие остатки основных рудных компонентов и неучтенные микроэлементы (Hg, Cd, Se и др.). Кроме хвостов обогащения к отходам переработки относится также пиритный концентрат, который не имеет спроса на рынке. ОАО «УГОК» и ОАО «БМСК» могут ежегодно производить до 1 млн т пиритного концентрата. В таком объеме пиритного концентрата, полученного на УГОК, содержится (т): меди 3000–4000, цинка 9000–13000, кадмия 300–400, селена 50–60, золота — 1,4–1,7 и серебра — 20–30. Тот же объем пиритного концентрата, полученный на БМСК содержит (т): меди — 2000–3000, цинка — 5000–7000, селена — 70, теллура — 40, галлия — 15, кадмия — 8, германия — 1, индия — 1,5, золота — 1,1 и серебра — 7,2 [Хамитов и др., 1997]. В хвостохранилищах Сибайской обогатительной фабрики накоплено: 49,2 тыс. т Cu, 114,2 тыс. т Zn, 9 млн т S, 8 млн т Fe, 1680 т Cd, 86,7 т In, 712,4 т Se, 589,3 т Te, 1949 т Co, 281 т Ga, 47,8 т Ge. Объемы хвостов флотации (в совокупности с пиритным концентратом) предприятий цветной металлургии Башкортостана составляют (млн т): БМСК 30; УГОК 47,5; БГОК 9,3 [Абдрахманов, 2005]. Японский завод «Тобато» перерабатывает по обжигово-хлоридовозгоночной схеме ежегодно 200 тыс. т пиритного концентрата, содержащего 50% серы, 0,33% меди, 0,55% цинка, 1 г/т золота и 10 г/т серебра. Сквозное извлечение составляет: золота — 63%, серебра — 63%, меди — 78%, цинка — 60%, серы — 95,2%. Получаемые обожженные окатыши по содержанию железа (61,9%), серы (0,02%), меди (0,04%), цинка (0,02%), свинца (0,01%) соответствуют требованиям, предъявляемым металлургией. Выход товарного железа достигает 99% [Лазарев, 1992].

Наиболее ценным компонентом хвостов флотации является золото. Обеспеченность разведанными запасами Au промышленности — на ближайшие 30 лет, поэтому необходим поиск новых месторождений и активное вовлечение в эксплуатацию техногенных источников этого металла. В связи с нехваткой сырья основные тенденции золоторудной отрасли связаны с разработкой мелких по масштабу (с запасами 10–20 т) месторождений. В хвостохранилище Семеновской золотоизвлекательной фабрики запасы золота оцениваются

в 3,3 т со средней массовой долей золота 1,2 г/т. Золото преимущественно находится в свободном состоянии. Из 1780 буровых проб 87% содержат золота более 0,5 г/т, 3% проб — более 2,2 г/т, отдельные пробы содержали до 5,8 г/т, проб с массовой долей золота менее 0,3 г/т не было обнаружено [Провалов, 2007]. Для текущих хвостов флотации БГОК характерны следующие содержания благородных металлов: Au до 1,7 г/т, Ag до 12,2 г/т. Лежалые хвосты комбината расслоены по разрезу, здесь чередуются слои бурого и серого цвета. В бурых слоях содержится (г/т): Au до 1,5, Ag до 7,6; серые слои содержат Au до 0,2 г/т, Ag до 2,4 г/т [Магюшенко, 2006]. Также золото содержится в пиритных огарках (2,74 млн т) ОАО «Минудобрения», которые использовались при производстве удобрений. В рядовых огарках Au 0,7–1,5 г/т, Ag 20–25 г/т, в обогащенных — Au 6–12 г/т, Ag 50–70 г/т [Зайнуллин и др., 2005].

Перспективным источником сырья являются также рудничные воды. Ориентировочная концентрация металлов в рудничном водосбросе оценивается по формуле: $K = cV/1000$, где K — суммарное количество металла в водосбросе, кг/год; c — концентрация металла в пробе, мг/л; V — величина водопритока, м³/год [Табаксблат, 1999]. По данной зависимости подсчитано, что рудничными водами Сибайского и Учалинского месторождений выносятся (кг/год): Cu n·105, Zn n·105, Fe n·105, Pb n·104, Hg n·10.

Организация переработки техногенного сырья обуславливает необходимость комплексной геолого-технологической изученности техногенных объектов. Для принятия решений по их промышленному освоению технологически и экономически эффективными способами с допустимыми экологическими последствиями требуется получение всесторонней информации о качестве и количестве техногенного сырья, особенностях распределения в нем полезных компонентов и вредных примесей, для чего необходимо:

1. проведение геолого-маркшейдерских работ на техногенных объектах: определение объемов отходов, стоков, выбросов;

2. опробование материала техногенно-минеральных образований (ТМО) по всему объему с применением бурения; цель бурения:

1) изучение внутреннего строения ТМО с выделением вертикальной минералогической и геохимической зональности;

2) исследование геохимических процессов в теле ТМО для прогноза подобных процессов при последующей рекультивации;

3) изучение физико-механических и фильтрационных свойств материала ТМО.

3. исследование геохимических процессов в ТМО и компонентах природной среды на прилегающей территории;

4. изучение петрографического, минералогического и химического составов ТМО, проведение технологических испытаний проб.

Для широкого вовлечения ТМО в переработку требуется строительство практически новых производств, реализующих новые технологические принципы и решения. Несмотря на указанные трудности, перспективность использования техногенных месторождений очевидна, так как их использование

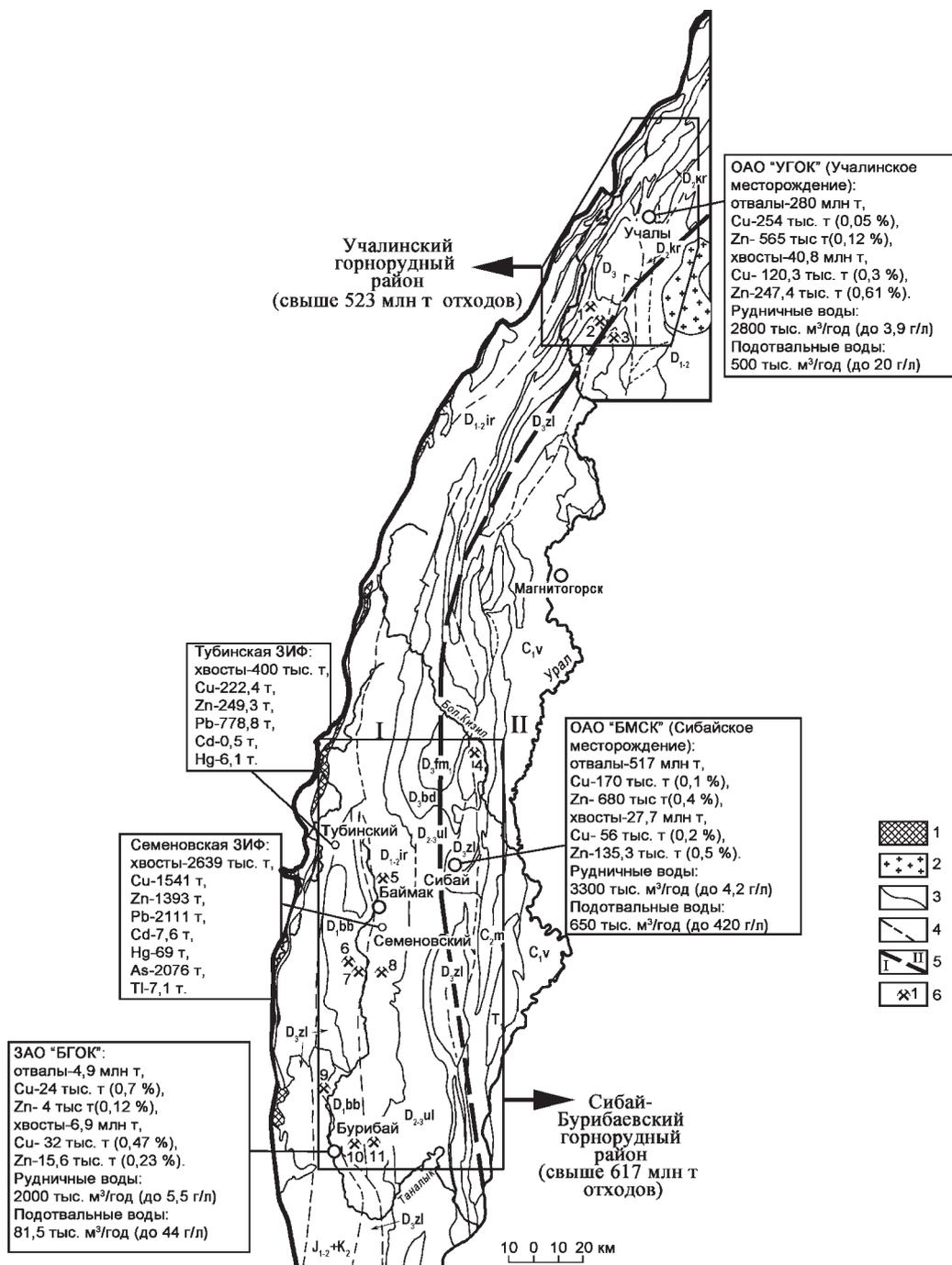


Рис. Горнопромышленные предприятия Южного Урала, геохимический спектр и объемы отходов

Условные обозначения: 1 — серпентиниты; 2 — гранитные массивы; 3 — стратиграфические границы; 4 — разрывные нарушения; 5 — граница между западной и центральной частями Магнитогорской мегазоны; 6 — основные месторождения: 1 — Западно-Озерное, 2 — Узельгинское, 3 — Молодежное, 4 — Бакр-Узякское, 5 — Куль-Юрт-Тау, 6 — Бакр-Тауское, 7 — Таш-Тауское, 8 — Балта-Тауское, 9 — Юбилейное, 10 — Октябрьское, 11 — Маканское.

позволяет одновременно решать целый ряд экономических, социальных и экологических проблем.

Литература:

Абдрахманов Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана. – Уфа: Информреклама, 2005. – 344 с.

Данилов Н.И., Смирнов Л.А., Лешиков В.И. Опыт утилизации техногенных образований в Свердловской области // Минеральные ресурсы России. – 2000. – № 5–6. – С. 41–51.

Зайнуллин Х.Н., Абдрахманов Р.Ф., Ибатуллин У.Г., Миннигазимов И.Н., Миннигазимов Н.С. Обращение с отходами производства и потребления. – Уфа: Диалог, 2005. – 292 с.

Лазарев В.Н. Вопросы долгосрочного прогноза развития минерально-сырьевой базы // Разведка и охрана недр. – 1992. – № 8. – С. 2–5.

Матюшенко Г.А. Разработка технологии формирования и комплексного освоения техногенных месторождений на основе отходов переработки медно-колчеданных руд: Автореф. дис... канд. техн. наук / Магнитогорский гос. техн. ун-т. – Магнитогорск, 2006. – 21 с.

Провалов С.А. Комбинированная гравитационно-гидрохлоридная технология переработки лежалых хвостов золотоизвлекательных фабрик: Автореф. дис... канд. техн. наук / Магнитогорский гос. техн. ун-т. – Магнитогорск, 2007. – 21 с.

Табаксблат Л.С. Гидрогеохимия микроэлементов минеральных месторождений Урала: Автореф. дис... д-ра геол.-мин. наук. – Тюмень, 1999. – 47 с.

Хамитов Р.А., Антонов К.В., Меньшиков В.Г. Резервы рационального использования минерально-сырьевых ресурсов Республики Башкортостан // Ресурсо- и энергосбережение в Республике Башкортостан: проблемы и решения: Матер. I Респуб. научно-практ. конф. – Уфа: БашГУ, 1997. – С. 72–80.

Сведения об авторе:

Ахметов Ринат Маратович, Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (ИГ УНЦ РАН), г. Уфа. E-mail: hydro@ufaras.ru.

SECONDARY MINERAL RESOURCES OF SOUTH URALS

R. M. Akhmetov

Akhmetov Rinat Maratovich, Institute of geology of the Ufimian scientific centre (IG USC RAS), Ufa, Russia. E-mail: hydro@ufaras.ru.

Abstract. The paper considers the possibility of development of secondary mineral resources and global experience in processing of technogenic formations to produce valuable components. The characteristics of mining wastes of the South Urals is given.

Keywords: industrial waste, mining production, flotation tailings, processing, pyrite concentrate, gold.